

EVALUASI WATERFLOOD ZONA 560 DAN ZONA 660 LAPANGAN “X” MENGUNAKAN OFM PADA TAHUN 1984-2005

Reswin Hamdi
Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi,
Universitas Trisakti
E-mail: reswin_hamdi@yahoo.com

Abstrak

Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Waterflood Zona 560 dan Zona 660 Lapangan “X” Menggunakan OFM Pada Tahun 1984-2005,” ini dibahas apakah kegiatan waterflood yang telah dilakukan berhasil atau kurang berhasil. Dan dibahas juga beberapa kemungkinan penyebab masalah yang mengakibatkan kurangnya tingkat keberhasilan kegiatan tersebut. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan beberapa analisa kelakuan performa produksi dan injeksi. Analisa yang dilakukan antara lain, analisa connectivity, analisa Hall Plot, analisa Chan’s WOR dan perbandingan breakthrough time actual dengan breakthrough time hasil perhitungan metode prediksi Buckley-Leverett.

Kata kunci: waterflood, ofm, connectivity, hall plot, chan’s wor, vrr, buckley-leverett

Pendahuluan

Ada banyak metode yang dapat dilakukan untuk meningkatkan tekanan reservoir. Salah satunya dengan melakukan injeksi air, baik untuk *pressure maintenance* maupun *waterflooding*. Perbedaan kedua metode tersebut terletak pada target zona yang akan diinjeksikan dengan air. Pada *pressure maintenance*, injeksi ditargetkan pada zona air saja. Sedangkan pada *waterflooding*, injeksi ditargetkan pada zona minyak yang bertujuan untuk mendesak minyak yang terperangkap di reservoir sehingga minyak dapat diproduksi.

Evaluasi untuk kegiatan *waterflood* sangatlah luas dan mencakup banyak faktor dalam penilaiannya. Dalam tugas akhir ini, hal yang dijadikan tolok ukur baik tidaknya penilaian adalah berdasarkan konektivitas antara sumur injeksi dengan sumur produksi di sekitarnya. Dan analisa konektivitas tersebut dilakukan secara kualitatif, dengan menganalisa kelakuan produksi maupun injeksi sumur-sumur yang ada.

Studi Pustaka

Upaya peningkatan produksi dari suatu lapangan minyak mutlak dilakukan agar perolehan minyak dapat berjalan maksimal. Usaha peningkatan produksi dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya melakukan tahap *Secondary Recovery* terhadap suatu lapangan. Sebelum dilakukan tahap *Secondary* perlu dilakukan evaluasi dan analisa kondisi lapangan agar pemilihan metode tahap *Secondary* tepat.

Analisa produksi pada dasarnya dilakukan untuk mengetahui kinerja produksi suatu sumur. Suatu sumur dapat diketahui kondisinya dengan cara mengamati kemampuan produksi suatu sumur, serta identifikasi kerusakan sumur. Berdasarkan hasil analisa produksi, didapatkan solusi untuk meningkatkan produksi secara optimal. Solusi dari hasil analisa produksi tersebut dapat dijadikan acuan untuk menentukan langkah alternatif ke depan, yang juga didasari oleh indikasi penurunan laju produksi (*Decline Production*) dan peramalan sumur (*Forecast*).

Analisa produksi dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) untuk membantu proses analisa sehingga didapat hasil analisa yang cukup akurat dan

efisien dalam proses pengerjaannya. Pada proses analisa produksi ini digunakan software OFM (*Oil Field Manager*) untuk membantu analisa produksi. Hasil output yang didapat dari software OFM ini akan digunakan untuk menganalisa kinerja produksi suatu reservoir.

Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan untuk melakukan analisa adalah dengan melakukan pengumpulan data perusahaan, studi pustaka, dan pengerjaan *software* komputer, yaitu *Oil Field Manager* (OFM). Sedangkan dalam memperhitungkan parameter-parameter yang dikaji, dilakukan beberapa analisa, yaitu :

1. Analisa *Connectivity*

Pada tahap pilot waterflood, konektivitas suatu sumur dianalisa dengan melakukan tracer test. Sedangkan pada tahap full scale, connectivity analysis dilakukan dengan menganalisa plot laju produksi minyak, produksi liquid, kadar air, dan laju injeksi. Dari plot produksi dan injeksi tersebut dapat dilihat seberapa baik respons sumur produksi terhadap injeksi air dari sumur injeksi.

Berikut adalah kriteria-kriteria bahwa sumur produksi memiliki respon yang baik terhadap sumur injeksi:

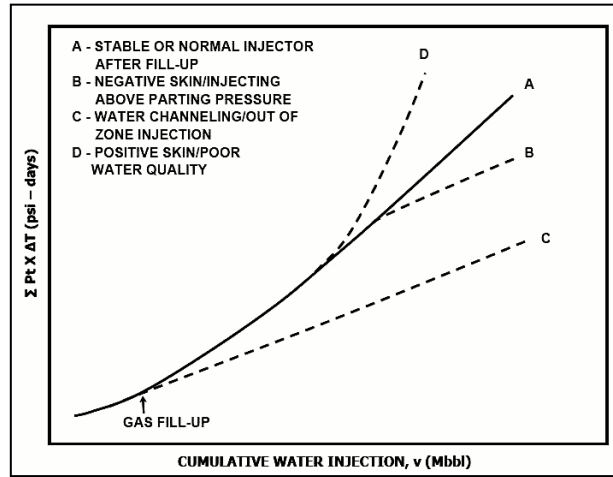
- Adanya fill up dari injeksi dalam jangka waktu tertentu dan diikuti dengan Oil Bank Swept ke sumur produksi.
- Adanya indikasi water breakthrough di sumur produksi yang ditandai dengan naiknya watercut secara bertahap hingga mencapai hampir 100%.
- Adanya liquid influx yang cukup besar ke sumur produksi yang ditandai dengan naiknya DFL (Dynamic Fluid Level).
- Trend produksi liquid dan injeksi air akan memiliki kemiripan.
- Adanya peningkatan tekanan reservoir di sumur produksi dari hasil Test PBU (Pressure Build Up) ataupun BHP (Bottom Hole Pressure).

Dan jika kriteria-kriteria di atas hanya sebagian atau tidak ada yang terpenuhi, maka dapat disimpulkan bahwa sumur produksi-injeksi memiliki respons atau koneksi yang kurang baik (poor connection) atau tidak ada koneksi sama sekali (no connection).

2. Analisa *Hall Plot*

Analisa Hall plot adalah analisa yang dilakukan pada sumur injeksi untuk mengetahui performa injeksi dan masalah yang kemungkinan terjadi sumur tersebut. Hall plot pada dasarnya adalah integral selisih tekanan kepala sumur (P_{wh}) dengan tekanan reservoir (P_r) terhadap waktu yang diplot dengan kumulatif injeksi air. Pada kondisi normal Hall plot akan menghasilkan garis lurus yang diawali dengan lengkungan kecil yang menandakan proses *fill up*.

Dari analisa Hall plot ini dapat disimpulkan apakah sumur injeksi secara efektif menginjeksikan air atau tidak. Penyimpangan atau masalah yang dapat dianalisa dari Hall Plot antara lain adalah adanya indikasi *positive skin*, *negative skin* ataupun adanya *water channeling*. Untuk mempermudah analisa Hall Plot, kurva hasil plot dilakukan *overlay* dengan *type curve* Hall Plot. Berikut adalah *type curve* Hall Plot.

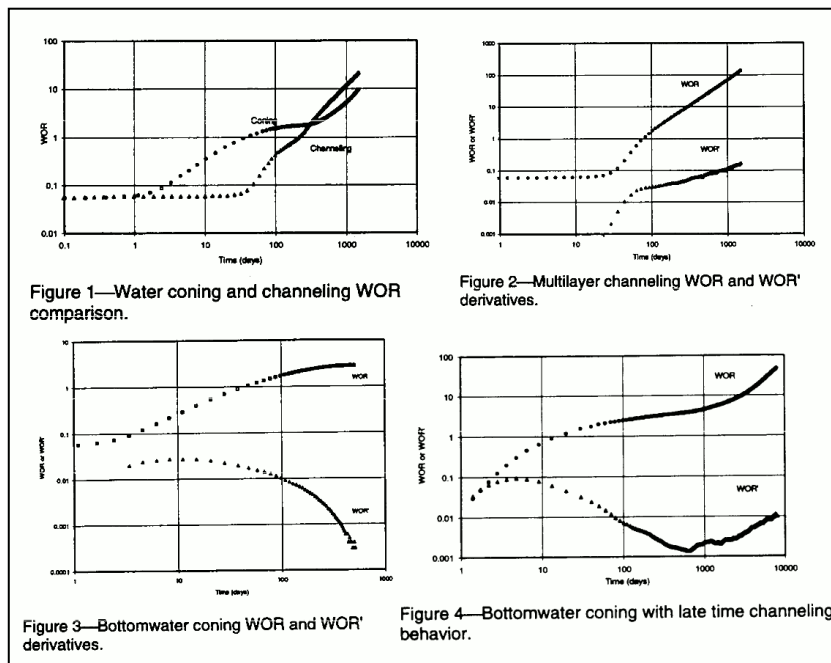


Gambar 1. Type Curve Hall Plot

3. Analisa Chan's Diagnostic

Analisa ini dilakukan untuk mengetahui apakah sumur produksi memiliki masalah produksi dan apa jenis masalah yang dimiliki pada sumur produksi tersebut.

Analisa Chan's WOR dilakukan dengan melakukan plot Antara Chan's WOR dan Chan's WOR Derivative terhadap lamanya waktu produksi. Chan's WOR di plot pada skala logaritmik baik pada sumbu X (waktu) maupun pada sumbu Y (WOR dan WOR'). Setelah dilakukan plot di atas hal yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan pencocokan dengan type curve yang ada. Dari analisa Chan's WOR ini dapat disimpulkan apakah sumur produksi memiliki masalah-masalah seperti water channeling ataupun water coning. Berikut adalah beberapa type curve Chan's WOR.



Gambar 2. Chan's WOR Diagnostic Plots

4. Perhitungan Voidage Replacement Ratio (VRR)

Perhitungan VRR (Voidage Replacement Ratio) juga perlu dilakukan untuk mengetahui efektivitas injeksi yang dilakukan. Voidage Replacement Ratio pada

dasarnya adalah perbandingan antara volume fluida yang diinjeksikan dengan volume fluida yang diproduksi. Dan kedua parameter tersebut dihitung dalam satuan reservoir bukan di permukaan.

Voidage Replacement Ratio dapat di hitung dengan rumus.

$$VRR = \frac{\text{injected reservoir vols}}{\text{produced reservoir vols}} = \frac{B_{w_inj} I_{w_inj} + B_{g_inj} I_{g_inj}}{B_o Q_o + B_w Q_w + B_g (GOR - R_s) Q_o}$$

5. Perhitungan Perbandingan *Breakthrough Time* dengan metode Buckley-Leverett

Pada perhitungan perbandingan breakthrough time actual dengan breakthrough time dengan metode Buckley-Leverett, digunakan data core batuan reservoir yang terkait untuk mendapatkan kurva permeabilitas relatif minyak dan air. Lalu dilakukan analisa kurva fractional flow untuk mendapatkan harga Sw_f dan Sw_{BT} . Dan parameter tersebut di plot dalam kurva fractional flow derivative untuk mendapatkan nilai dSw . Terakhir, dari nilai dSw tersebut, dilakukan perhitungan pergerakan fluida pendesak dalam reservoir yang akan menghasilkan lamanya waktu breakthrough time.

Hasil dan Pembahasan

Evaluasi *waterflood* pada suatu lapangan sangat penting dilakukan untuk menjadi tolak ukur berhasil atau tidaknya kegiatan *waterflood* yang telah dilakukan. Selain itu evaluasi juga dilakukan untuk menjadi masukan data dan tolak ukur untuk pelaksanaan kegiatan *waterflood* pada masa yang akan datang. Adapun evaluasi yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah analisa *connectivity* antara sumur injeksi dan sumur produksi. Dan analisa *connectivity* ini juga diperkuat dengan beberapa analisa lain yaitu analisa Hall Plot untuk mengetahui masalah pada sumur injeksi, analisa Chan's WOR untuk mengetahui masalah pada sumur produksi, Analisa *Voidage Replacement Ratio* untuk melihat perbandingan volume injeksi dan produksi. Selain itu juga dilakukan perhitungan *additional recovery factor* untuk mengetahui besarnya perolehan minyak dari kegiatan tersebut dan pada tugas akhir ini juga dilakukan perhitungan *breakthrough time* dengan metode Buckley-Leverett yang nantinya akan dibandingkan dengan *breakthrough time* pada kondisi nyata (*actual*).

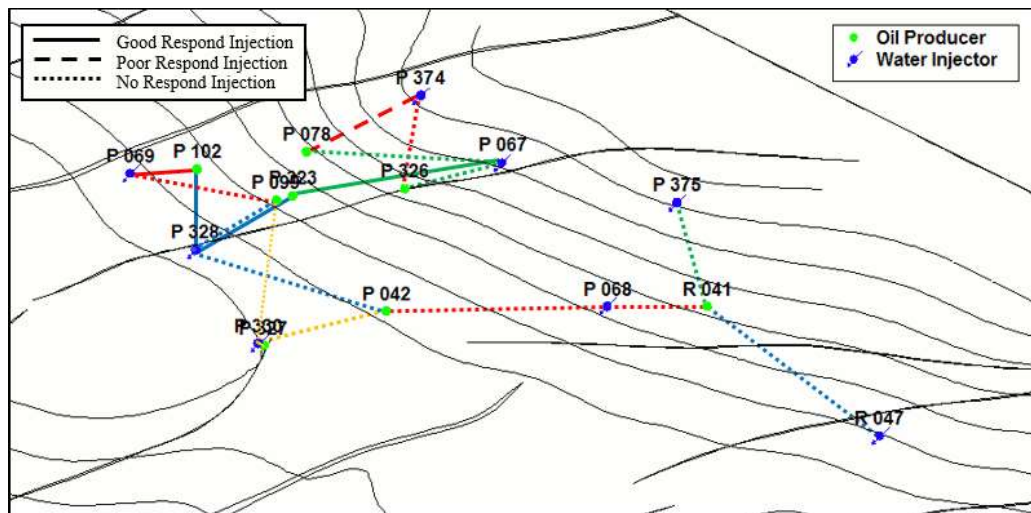
Pelaksanaan pilot *waterflood* di lapangan "X" sudah dilakukan sejak tahun 1984 dengan pola *peripheral* pada zona Z560 kompartemen A1 yang dilaksanakan bekerjasama dengan Japex. Dan kemudian pada tahun 1992 kegiatan *waterflood* pada lapangan ini dikelola sepenuhnya oleh Pertamina. Tahap *full scale* pada zona Z560 dilakukan pada tahun 1994 pada kompartemen D1 dan D2. Adapun air injeksi yang digunakan berasal dari air laut di daerah Serang Jaya Hilir yang telah dilakukan *treatment* sebelum diinjeksikan.

Injeksi air untuk zona Z600, Z640, Z660 kompartemen C/D pertama kali dilakukan pada bulan Mei 1984, dan secara *full scale* pada bulan November 1984. Pada tugas akhir ini zona yang dijadikan bahan untuk evaluasi adalah zona Z560 dan zona Z660. Hal tersebut dikarenakan zona Z560 baru saja dimulai kegiatan *waterflood* tahap kedua secara *full scale* pada tahun 2011 hingga sekarang. Dan untuk zona Z660 sedang dalam tahap studi untuk pengembangan proyek EOR. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi dari kegiatan *waterflood* sebelumnya untuk dapat membantu memberikan masukan data pada kegiatan *waterflood* tahap kedua yang dilaksanakan mulai tahun 2011 hingga saat ini.

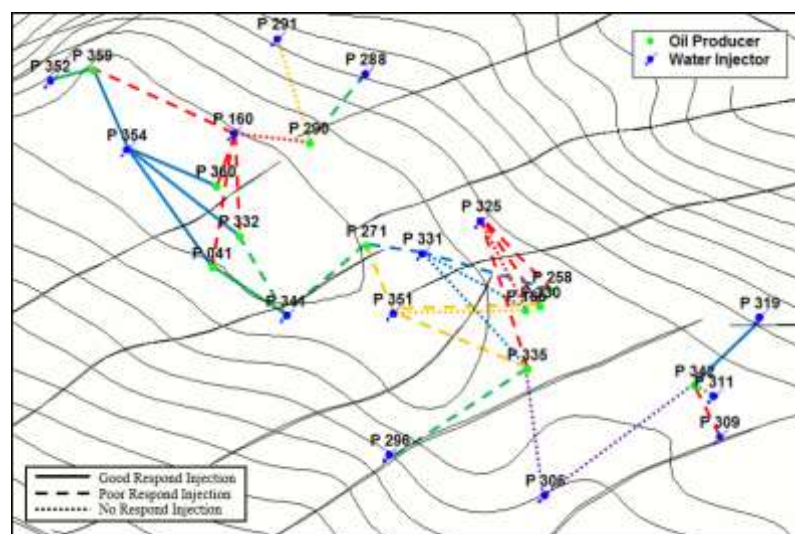
Analisa pertama yang dilakukan pada tugas akhir ini adalah analisa *connectivity*, yaitu analisa untuk menilai baik tidaknya konektivitas sumur injeksi dan sumur produksi dengan melihat respons injeksi di sumur produksi. Karena itu, dalam analisa ini yang dijadikan dasar data adalah plot performa produksi dan injeksi sumur produksi yang berdekatan, yang berjarak kurang dari 500 meter. Adapun beberapa kriteria yang dijadikan dasar

penilaian konektivitas sumur injeksi-produksi antara lain, adanya indikasi *fill up* dalam reservoir dalam jangka waktu tertentu yang ditandai dengan belum adanya respons injeksi pada sumur produksi dikarenakan sedang terjadinya proses resaturasi gas yang telah tereksipansi untuk kembali larut ke dalam minyak, lalu adanya indikasi *water breakthrough*, yaitu sampainya air yang diinjeksikan dari sumur injeksi ke sumur produksi yang diawali dengan terproduksikannya *oil bank* yang telah tersapu dan diikuti dengan meningkatnya produksi air sehingga nilai *watercut* akan naik hingga mencapai 100%. Dan kriteria penilaian *connectivity* yang lain adalah dengan melihat kemiripan tren laju produksi *liquid* dengan tren laju injeksi. Di mana pada pasangan sumur yang memiliki konektivitas baik, tren laju produksi *liquid* dan tren laju injeksi akan memiliki kemiripan.

Dari analisa *connectivity* didapatkan bahwa pada pada zona Z560, dari total 8 sumur injeksi dan 8 sumur produksi, hanya terdapat 4 pasangan sumur injeksi-produksi yang memiliki konektivitas yang baik, yaitu pasangan sumur P067-P323, P069-P102, P328-P102, P328-P323. Sedangkan pada zona Z660, dari total 14 sumur injeksi dan 15 sumur produksi, terdapat 7 pasangan sumur injeksi-produksi yang memiliki konektivitas yang baik, yaitu pasangan sumur P319-P342, P352-P359, P354-041, P354-332, P354-350, P354-P360, P341-P041.



Konektivitas sumur injeksi-produksi zona Z560



Konektivitas sumur injeksi-produksi zona Z660

Analisa yang dilakukan selanjutnya adalah analisa Hall Plot. Pada analisa ini dilakukan plot antara integral tekanan kepala sumur dikalikan waktu dengan kumulatif air yang diinjeksikan. Kemudian hasil plot tersebut dicocokkan dengan *type curve* Hall Plot dan dapat disimpulkan masalah apa yang dimiliki pada sumur injeksi tersebut. Dari analisa yang dilakukan pada 8 sumur injeksi di zona Z560 didapatkan bahwa ada 3 sumur yang memiliki masalah *positive skin* yaitu pada sumur P067, P328, dan P374. Sedangkan pada zona Z660, dari 14 sumur injeksi, didapatkan bahwa 1 sumur (P288) memiliki masalah *negative skin*, 2 sumur (P281 dan P354) *positive skin*, dan 3 sumur (P296, P306 dan P309) *water channeling*. Sedangkan 8 sumur lainnya dalam keadaan stabil atau injeksi normal.

Analisa selanjutnya adalah Analisa Chan's WOR, yaitu menganalisa kelakuan produksi suatu sumur yang dilihat dari perubahan nilai water oil ratio (WOR) dan *Water Oil Ratio Derivative* (WOR') terhadap waktu. Chan K.S., dalam *paper "Water Diagnostic Plots"*-nya telah membuat *type curve* untuk dilakukan overlay dan pencocokan dengan hasil plot pada kondisi nyata. Pada analisa ini, 3 parameter tersebut (WOR, WOR' dan waktu) diplot dalam basis logaritmik dan dapat dilihat kelakuan dari produksinya. Lalu dilakukan pencocokan dengan *type curve* Chan's WOR untuk melihat masalah apa yang dimiliki sumur produksi tersebut, seperti *water channeling* maupun *water coning*.

Dari analisa yang dilakukan pada 8 sumur produksi di zona Z560 didapatkan bahwa hampir semua sumur produksi (8 sumur) memiliki masalah *channeling* yaitu, 2 sumur (P323 dan P327) *multilayer channeling*, 4 sumur (P078, P099 dan P102) *rapid channeling*, dan 2 sumur (P042 dan P326) tidak dapat dianalisa karena kekurangan data produksi. Sedangkan pada zona Z660, kondisi sumur produksi tidak seburuk kondisi sumur produksi di zona Z560. Dari 15 sumur produksi, terdapat 8 sumur yang memiliki masalah *channeling* yaitu, 1 sumur (P290) *rapid channeling*, 3 sumur (P041, P332 dan P359) *multilayer channeling*, dan 4 sumur (P129, P258, P271 dan P330) *near wellbore water channeling*. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa masalah-masalah yang terjadi pada sumur produksi, baik di zona Z560 maupun Z660, adalah *water channeling*, hal tersebut dapat diakibatkan oleh 2 hal, yaitu terlalu tingginya rasio mobilitas fluida pendesak dengan fluida yang didesak dan terlalu besarnya laju injeksi yang digunakan sehingga mengakibatkan terbentuknya *channel-channel* di dalam reservoir.

Selanjutnya analisa yang dilakukan adalah analisa *Voidage Replacement Ratio* (VRR). Pada dasarnya VRR adalah perbandingan volume fluida yang injeksikan dengan volume fluida yang diproduksi. Dari teori tersebut dikembangkan bahwa jika nilai VRR lebih besar dari 1, dapat disimpulkan bahwa injeksi yang dilakukan sudah dapat memberikan peningkatan tekanan reservoir. Dari analisa *Voidage Replacement Ratio* pada zona Z560 dan Z660 didapatkan bahwa nilai VRR sudah melebihi angka 1. Sehingga injeksi yang dilakukan disimpulkan sudah dapat memberikan peningkatan tekanan reservoir.

Analisa selanjutnya adalah perbandingan *breakthrough time actual* dengan *breakthrough time* hasil perhitungan dengan metode Buckley-Leverett. *Breakthrough time* pada kondisi nyata didapatkan dengan melihat lamanya waktu respons sumur produksi terhadap injeksi yang ditandai dengan meningkatnya Water Cut hingga mendekati 100% yang menandakan bahwa air injeksikan pada telah sampai pada sumur produksi. Sedangkan *breakthrough time* dengan metode Buckley-Leverett didapatkan dengan melakukan perhitungan pergerakan *front* fluida pendesak (air) di dalam reservoir. Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan bahwa pada kedua zona, baik Z560 maupun Z660, waktu yang dibutuhkan sumur injeksi untuk *breakthrough* di sumur produksi yang nyata (*actual*) dengan hasil perhitungan menggunakan metode Buckley-Leverett memiliki kemiripan hasil. Yaitu pada zona Z560 *actual breakthrough time*-nya sebesar 1-1,5 tahun sedangkan hasil perhitungan sebesar 1.72 tahun atau sekitar 629 hari. Dan pada zona Z660 *actual breakthrough time*-nyasebesar 1,5-2 tahun sedangkan hasil perhitungan sebesar 1.61 tahun atau 585.9 hari.

Kesimpulan

Analisa kualitatif dilakukan dengan menggunakan peranti lunak OFM (*Oil Field Manager*) dengan hasil.

1. Konektivitas sumur injeksi-produksi yang baik terdapat pada pasangan sumur,
 - Di zona Z560, yaitu : P067-P323, P069-P102, P328-P102, P328-P323.
 - Di zona Z660, yaitu : P319-P342, P352-P359, P354-041, P354-332, P354-350, P354-P360, P341-P041.
2. Analisa Hall Plot mengindikasikan,
 - Di zona Z560, 3 dari 8 sumur injeksi memiliki masalah *positive skin*.
 - Di zona Z660, 6 dari 14 sumur injeksi memiliki masalah, 1 sumur *negative skin*, 2 sumur *positive skin* dan 3 sumur *water channeling*.
3. Analisa Chan's mengindikasikan,
 - Di zona Z560, sebagian besar sumur produksi (7 dari 8 sumur) memiliki masalah, yaitu 3 sumur *rapid channeling*, 2 sumur *multilayer channeling* dan 2 sumur kekurangan data.
 - Di zona Z660, 8 dari 15 sumur produksi memiliki masalah, 1 sumur *rapid channeling*, 3 sumur *multilayer channeling* dan 4 sumur *near wellbore water channeling*.
4. Analisa VRR (*Voidage Replacement Ratio*) pada zona Z560 dan Z660, nilai VRR (baik *instantaneous* maupun kumulatif) sudah melebihi 1 yang berarti injeksi yang telah dilakukan sudah cukup baik dalam rangka meningkatkan tekanan reservoir. Namun belum bisa dibuktikan karena tidak dilakukannya *survey* tekanan dalam kegiatan *waterflood*.
5. Analisa perbandingan *breakthrough time actual* dengan *breakthrough time* hasil perhitungan dengan metode Buckley-Leverett, didapatkan bahwa perbedaan *breakthrough time* tidak signifikan dan hanya memiliki perbedaan kurang lebih 2 bulan dari data *actual* baik pada zona Z560 maupun zona Z660. Di zona Z560, *actual time breakthrough* adalah 1-1.5 tahun, dan dari hasil perhitungan didapatkan 1.72 tahun (629 hari).
 - Di zona Z660, *actual time breakthrough* adalah 1.5-2 tahun, dan dari hasil perhitungan didapatkan 1.61 tahun (586 hari).

Daftar Pustaka

- Ahmed, T., "*Reservoir Engineering Handbook*", Publishing Company, Houston, Texas.
- Chan, K.S., "*Water Control Diagnostic Plots*", Society of Petroleum Engineers, Dallas, 1995.
- Dake, L.P., "*Fundamental of Reservoir Engineering*", The Hague, The Netherlands.
- Esrar, F.R., "*Evaluasi Pelaksanaan Injeksi Air*", Tugas Akhir Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Trisakti, Jakarta 2009.
- Fayers, F.J., "*Enhanced Oil Recovery*" Bournemouth, U.K., September 21, 1981.
- Lee, J.W., "*Waterflooding Industry School Class Note Volume 1 & 2*" PT. PERTAMINA EP, Daerah Operasi Asset I, 2014, Data Geologi Lapangan Rantau.

Rukmana, D., Kristanto, D., "*Teknik Reservoir Teori dan Aplikasi*", Yogyakarta, Januari 2012

Sumantri, R., "*Teknik Reservoir*", Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral Universitas Trisakti, Jakarta, September, 1996

Willhite, G.P., "*Waterflooding*", University of Kansas, 1986.

<http://iatmismmigas.wordpress.com/2012/06/07/pengantar-studi-water-flood/>